

**PROPELLING MECHANISM AND TRAVELING DEVICE PROPELLED THEREBY**

Patent Number: ☐ US5142989  
Publication date: 1992-09-01  
Inventor(s): AOMORI KOKICHI (JP); SUZUMORI KOICHI (JP)  
Applicant(s):: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO (JP)  
Requested Patent: ☐ DE4132281  
Application Number: US19910766081 19910927  
Priority Number(s): JP19900259649 19900928  
IPC Classification: B61B13/10  
EC Classification: F16L55/26, G21C17/017  
Equivalents: JP3149110B2, ☐ JP4135962

---

**Abstract**

---

A propelling mechanism for traveling through piping comprises: a motive power device; a plurality of sun gears driven in rotation by the motive power device; at least two planet gears meshed with each one of the sun gears and rotatably supported at specifically spaced-apart positions to undergo axial rotation about their own axes and simultaneously to undergo orbital revolution around the periphery of that sun gear; and a plurality of traction wheels with treads rotating together with respective planet gears, the treads being pressed into contact with the inner wall surface by the orbital revolution of the planet gears, driving power due to the axial rotation of the planet gears being transmitted by way of the treads of the wheels as traction to the inner wall surface. A traveling device for operating as a probe to travel through piping with bends and branches is constituted by coupling two of the above described propelling mechanisms to front and rear ends of a flexible mechanism constituting the main body of the device, which is provided with a control device for deflecting the flexible mechanism in steering operation in various directions to navigate smoothly through the piping.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

99 P 3 3 7 1



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 41 32 281 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F 17 D 5/00**  
F 16 L 55/26  
B 08 B 9/02  
// G 21 C 17/017

②① Aktenzeichen: P 41 32 281.9  
②② Anmeldetag: 27. 9. 91  
②③ Offenlegungstag: 9. 4. 92

DE 41 32 281 A 1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
28.09.90 JP 259649/90

⑦① Anmelder:  
Kabushiki Kaisha Toshiba, Kawasaki, Kanagawa, JP

⑦④ Vertreter:  
Boehmert, A., Dipl.-Ing.; Hoormann, W., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing., 2800 Bremen; Goddar, H., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat.; Liesegang, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.;  
Münzhuber, R., Dipl.-Phys., 8000 München; Winkler,  
A., Dr.rer.nat., 2800 Bremen; Busch, T., Dipl.-Ing.,  
O-7010 Leipzig; Tönhardt, M., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.,  
Pat.-Anwälte, 8000 München; Stahlberg, W.; Kuntze,  
W.; Kouker, L., Dr.; Huth, M., 2800 Bremen;  
Nordemann, W., Prof. Dr.; Vinck, K., Dr.; Hertin, P.,  
Prof. Dr.; Brocke, vom, K., Rechtsanwälte, 1000  
Berlin

⑦② Erfinder:  
Suzumori, Koichi; Aomori, Kokichi, Yokohama,  
Kanagawa, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Antriebsaggregat und durch dieses angetriebene Fahrsonde

⑤⑦ Ein Antriebsaggregat zum Durchfahren einer Rohrleitung gemäß der Erfindung weist folgende Merkmale auf: einen Antrieb, mehrere durch den Antrieb zur Drehung angetriebene Sonnenräder, jeweils mindestens zwei mit jedem Sonnenrad kämmende Planetenräder, die an bestimmten, voneinander entfernten Stellen gelagert sind, so daß sie sich axial um die eigene Achse und gleichzeitig orbital um den Umfang der Sonnenräder drehen, und mehrere Antriebsräder mit Laufflächen, die gemeinsam mit den entsprechenden Planetenrädern drehen, wobei die Laufflächen durch die orbitale Drehung der Planetenräder gegen die Innenwandfläche des Rohres gedrückt werden und die Antriebskraft aufgrund der axialen Drehung der Planetenräder über die Laufflächen der Räder als Zugkraft auf die Innenwandfläche übertragen wird. Eine Fahrsonde, die als Inspektionsgerät zum Fahren durch ein Rohrleitungsnetz mit Biegungen und Abzweigungen betrieben wird, besteht aus der Kopplung von zwei der oben beschriebenen Antriebsaggregaten an vorderem und hinterem Ende einer biegbaren Vorrichtung, die den Hauptkörper der Sonde darstellt und mit einer Steuerungseinrichtung zum Abbiegen der biegbaren Vorrichtung beim Lenkbetrieb in verschiedene Richtungen versehen ist, um stoßfrei durch das Rohrleitungsnetz zu fahren.

DE 41 32 281 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Antriebsaggregat und eine durch dieses Aggregat angetriebene Fahrsonde, die durch gewundene, rohrförmige Durchgänge, wie Rohrleitungsnetze, fährt. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf ein Antriebsaggregat, das für die Fortbewegung Antriebsräder aufweist und frei lenkbar durch einen Durchgang mit Biegungen und Verengungen fahren kann, während der Druck der Räder auf die innere Oberfläche des Durchgangs automatisch angepaßt wird.

In den letzten Jahren wurden bewegte Überwachungs sonden in Miniaturgröße zum Durchwandern und Inspizieren des Inneren von Rohrleitungsnetzen in Anlagen, wie Kernkraftwerken und Chemiewerken, entwickelt und für den Einsatz in der Praxis umgesetzt. Bei Rohrleitungsnetzen der obigen Art sind häufig komplizierte Rohrleitungsstrukturen mit zahlreichen T-Gelenken, Knien und ähnlichem eingesetzt.

Ferner treten viele Verengungen des Rohrdurchmessers aufgrund von Ablagerungen von sich ansammelndem Material und Veränderungen des Rohrdurchmessers bei Einbauten, wie Reduzierern, auf. Daraus ergab sich eine Notwendigkeit für eine Fahrsonde, wie ein Inspektionsgerät, die während der Fahrt frei biegsam ist und gleichzeitig Änderungen des Innendurchmessers einer Rohrleitung bewältigen kann.

Eine zusätzliche Anforderung ist ferner, daß der eine oder die mehreren Antriebsaggregate in einer Fahrsonde ausreichend Schleppkraft aufweisen müssen, um mit der Fahrsonde verbundene Steuerungs- und Versorgungskabel und ähnliches mitzuziehen. Eine weitere Anforderung ist, daß die Fahrsonde ein Rad-Andruck-Vorrichtung aufweist, um die Antriebsräder gegen die Innenwandflächen der Rohrleitung zu pressen, so daß die Fahrsonde sicher vertikale Rohre hinauffahren kann.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, werden und wurden Fahrsonden vorgeschlagen, bei denen elastische, Kraft absorbierende Vorrichtungen, wie Federn, zwischen Antriebsräder und Antriebseinrichtungen eingefügt sind. Bei solchen Fahrsonden lenken die Federn aus und gleichen Veränderungen des Rohrdurchmessers aus. Es wurde ferner eine Fahrsonde vorgeschlagen, bei der Antriebsräder gegen die Innenwandflächen des Rohres gedrückt werden, um die Reibung zwischen den Rädern und der inneren Rohroberfläche zu erhöhen und dadurch eine große Schlepp-(Antriebs-)Kraft zu erzielen, und die dadurch vertikale Rohre hinaufklettern kann.

Bei den oben beschriebenen Fahrsonden ist es jedoch notwendig, jedes Rad mit einem eigenen Antrieb zu versehen. Dadurch ist die Miniaturisierung der gesamten Sonde erschwert. Ferner bestimmt sich die oben genannte Druckkraft auf die Räder durch den Grad der Federkompression. Deshalb steigt mit wachsendem Gewicht der Sonde die Trägheitskraft der Federn und nimmt die periodische Dämpfung ab. Daher ist es schwierig, die Druckkraft der Räder auf die Innenwandflächen der Rohrleitung konstant zu halten. Folglich ist auch keine stabile Fahrt möglich.

Weiterhin wird die Druckkraft an Stellen, an denen der Innendurchmesser des Rohres klein ist, groß und umgekehrt an Stellen, an denen der Innendurchmesser groß ist, klein, weil sich die erwähnte Druckkraft aus dem Grad der Federkompression bestimmt. In der Praxis besteht jedoch die Notwendigkeit für eine Vorrichtung zum Einstellen der Druckkraft abhängig von der Belastung. So eine Vorrichtung muß dann eine große

Druckkraft abgeben, wenn die Fahrsonde ein vertikales Rohr hinaufsteigt und wenn weitere Ausrüstungsteile durch die Rohrleitung gezogen werden.

Eine weitere Schwierigkeit beim Stand der Technik ist die Komplexität des Aufbaus der Steuereinrichtung, die es möglich machen soll, daß die Fahrsonde sich stoßfrei durch Biegungen und Abzweigungen des Rohrleitungsnetzes bewegt.

Der Erfindung liegt deshalb allgemein die Aufgabe zugrunde, die vielfältigen Schwierigkeiten im Stand der Technik zu lösen. Insbesondere ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Fahrsonde mit folgenden vorteilhaften Eigenschaften zu schaffen: einfacher Aufbau; die Fähigkeit, die Druckkraft der Antriebsräder entsprechend der Last steuerbar einzustellen; die Fähigkeit, sich durch schwierige Durchgänge, wie vertikale Rohre, zu bewegen und eine flexible Körperstruktur, die frei biegsam ist und sich deshalb leicht durch Biegungen und Abzweigungen des Rohrleitungsnetzes bewegen kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß einerseits durch ein Antriebsaggregat zum Durchfahren eines rohrförmigen Durchgangs gelöst, das gekennzeichnet ist durch: einen Antrieb, mehrere durch den Antrieb zur Drehung angetriebene Sonnenräder, jeweils mindestens zwei mit jedem Sonnenrad kämmende Planetenräder, die an bestimmten, voneinander entfernten Stellen gelagert sind, so daß sie sich axial um die eigene Achse und gleichzeitig orbital um den Umfang der Sonnenräder drehen, und mehrere Antriebsräder mit Laufflächen, die gemeinsam mit den entsprechenden Planetenrädern drehen, wobei die Laufflächen durch die orbitale Drehung der Planetenräder gegen die Innenwandfläche des rohrförmigen Durchgangs gedrückt werden und die Antriebskraft aus der axialen Drehung der Planetenräder über die Laufflächen der Räder als Vortrieb auf die Innenwandfläche des rohrförmigen Durchgangs übertragen wird.

Andererseits wird die Aufgabe erfindungsgemäß durch eine Fahrsonde gelöst, mit einer biegsamen Vorrichtung, die einen Hauptkörper der Sonde darstellt und ein vorderes und ein hinteres Ende aufweist, mit mehreren Antriebsaggregaten der beschriebenen Art, die mindestens mit dem vorderen und dem hinteren Ende der biegsamen Vorrichtung gekoppelt sind, und mit einer Einrichtung zum gesteuerten Abbiegen der biegsamen Vorrichtung in verschiedenen Lenkrichtungen während des Fahrbetriebs der Fahrsonde.

Das Antriebsaggregat der oben beschriebenen Anordnung nach der Erfindung weist folgende Merkmale auf. Die mehreren, mit jedem Sonnenrad kämmenden Planetenräder sind an entsprechenden Wellen befestigt, die jeweils an den äußeren Enden der Arme von L-förmigen Winkelhebeln drehbar gelagert sind. An jeder dieser Wellen sind ferner mehrere Antriebsräder befestigt. Die orbitale Drehung der Planetenräder bringt die Räder mit der Innenwandfläche des rohrförmigen Durchgangs in Kontakt und drückt sie gegen diese, wodurch die Drehung zum Stillstand kommt und demzufolge die von der axialen Drehung der Planetenräder verursachte Räderantriebskraft über die Antriebsräder und deren Laufflächen auf die Innenwandfläche des Durchgangs übertragen wird. Dadurch ist die Kraft, mit der die Räder gegen die Innenwandfläche gedrückt werden, umso größer, je größer die Last in Fahrtrichtung des Antriebsaggregats oder in die Gegenrichtung ist. Dadurch wächst die Gegenkraft der Wandfläche, und eine große Antriebs- oder Vortriebskraft kann erreicht werden.

Weiterhin weist die erfindungsgemäße Fahrsonde eine frei abbiegbare, bewegliche Vorrichtung auf, die mindestens an ihrem vorderen und ihrem hinteren Ende mit Antriebsaggregaten, wie oben beschrieben, gekoppelt ist. Die Sonde umfaßt ferner eine Vorrichtung zum gesteuerten Ablenken oder Umbiegen der biegbaren Vorrichtung in verschiedene Lenkrichtungen. Dadurch kann die Fahrsonde leicht durch Biegungen, Abzweigungen und Steigleitungen des Durchgangs hindurchfahren.

Die Erfindung ist im folgenden anhand bevorzugter, in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele mit weiteren Einzelheiten, Vorteilen und Merkmalen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine teilweise geschnittene Stirnansicht einer Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Antriebsaggregats,

Fig. 2 eine Seitenansicht, teilweise im Längsschnitt, wobei einige Teile weggebrochen sind, einer Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Fahrsonde, die durch zwei Antriebsaggregate von Fig. 1 angetrieben ist,

Fig. 3 und 4 schematische Darstellungen in Seitenansicht des mechanischen Betriebs des Antriebsaggregats, wobei die Antriebsräder gegen die Innenwandfläche des rohrförmigen Durchgangs gepreßt werden,

Fig. 5a eine perspektivische Explosions-Darstellung einer rohrförmigen elastischen Struktur, die in einer erfindungsgemäßen biegbaren Vorrichtung eingesetzt ist,

Fig. 5b eine schematische perspektivische Darstellung des Abbiegevorgangs der rohrförmigen elastischen Struktur,

Fig. 6 und 7 eine Draufsicht bzw. eine Seitenansicht einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Fahrsonde,

Fig. 8 bis 10 eine Draufsicht, eine Stirnansicht bzw. eine Seitenansicht einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Fahrsonde, und

Fig. 11 eine perspektivische Darstellung eines Einheitsrings, wobei mehrere hintereinander angeordnet verbundene Ringe eine gekoppelte Ringanordnung in der biegbaren Vorrichtung einer erfindungsgemäßen Fahrsonde bilden.

Ein Beispiel einer erfindungsgemäßen Fahrsonde 1 ist in Fig. 1 in Stirnansicht und in Fig. 2 in Seitenansicht gezeigt. Diese Fahrsonde 1 weist, als wesentliche Bauteile, mindestens zwei durch eine biegbare Vorrichtung 8 hintereinander gekoppelte Antriebsaggregate 2 (z. B. 2A und 2B) auf.

Jedes Antriebsaggregat 2 umfaßt einen elektrischen Motor 4 und eine Gruppe aus vier Rad-Antriebsvorrichtungen 5, die mit einem Ende 4a des Motors 4 verbunden und an diesem gelagert sind und mit der Läuferwelle des Motors 4 gekoppelte, bewegliche Teile aufweisen, so daß sie durch diesen angetrieben werden. Das andere Ende des Motors 4 ist mit der obengenannten biegbaren Vorrichtung 8 verbunden.

Die gesamte Fahrsonde 1 ist so aufgebaut, daß sie in einem länglichen, rohrförmigen Durchgang, wie dem Inneren eines Rohres 7, betrieben werden kann. Im folgenden ist die Richtung eines solchen Durchgangs der Länge nach mit "Längsrichtung", sowohl des Durchgangs, als auch der Fahrsonde 1 bezeichnet. Die Richtung der Achse oder axialen Mittellinie des Rohres 7 und die Richtung der Drehachse des Motors 4 sind parallel.

Ein Lagerblock 9 in der Form eines quadratischen Tubus ist an dem einen, durch die Rad-Antriebsvorrichtung 5 gelagerten Ende 4a des Motors 4 befestigt. Die-

ser Block 9 ist so ausgebildet, daß er eine mit der Läuferwelle des Motors 4 gekoppelte und koaxial mit der Läuferwellenachse ausgerichtete Schnecke 10 aufnehmen kann. Die vier identischen Rad-Antriebsvorrichtungen 5 sind symmetrisch in einer kreuzförmigen Gruppe um die Achse der Schnecke 10 angeordnet. Diese vier Rad-Antriebsvorrichtungen 5 weisen jeweils Schneckengetriebe oder Schneckenräder 11 auf, die in kreuzförmig durch die Achse der Schnecke 10 verlaufenden Ebenen liegen, und mit der Schnecke 10 kämmen.

Jedes Schneckenrad 11 ist mit seiner Mitte an einer Welle 12 befestigt, die drehbar durch an einer Oberfläche des Lagerblocks 9 befestigte Lager 13 gelagert ist. Die gegenüber liegenden Enden jeder Welle 12 erstrecken sich über die Lager 13 hinaus nach außen und lagern jeweils L-förmige oder gewinkelte Hebel 14 an deren mittleren Krümmungen. An beiden Seiten jedes Schneckenrades 11 und parallel zu diesem sind also zwei L-förmige Hebel 14 angeordnet. Jeder L-förmige Hebel 14 hat zwei Arme gleicher Länge. Diese beiden Arme des Hebels 14 auf einer Seite des Schneckenrades 11 und die beiden Arme des Hebels 14 auf der gegenüberliegenden Seite desselben Schneckenrades 11 lagern an ihren äußeren Enden drehbar zwei parallele Achswellen 16, die zur Welle 12 parallel sind.

In ihrem mittleren Bereich ist jede Achswelle 16 mit einem zwischen die beiden Hebel 14 eingefügten Antriebsritzel 15 verbunden und lagert dieses, wobei die Achswelle 16 drehbar an den Hebeln 14 gelagert ist. Dieses Antriebsritzel 15 kämmt mit und wird angetrieben durch das Schneckenrad 11 derselben Rad-Antriebsvorrichtung 5. Ein Rad 6 ist an den beiden entgegengesetzten Enden jeder Achswelle 16 befestigt. Jedes Rad 6 hat eine Umfangs-Laufläche aus einem elastischen und haltbaren Werkstoff, wie Siliziumgummi. Jedes Antriebsaggregat 2 ist also mit 16 Rädern 6 versehen, die durch die vom Motor 4 erzeugten und über die Schnecke 10, die vier Schneckenräder 11, die acht Antriebsritzel 15 und die acht Achswellen 16 übertragenen Antriebskraft angetrieben werden. Die Räder 6 wirken als Antriebsräder zum Antreiben des Antriebsaggregats 2 zu einer Fahrbewegung.

Bei der in Fig. 2 gezeigten Fahrsonde 1 sind zwei identische Antriebsaggregate 2A und 2B mit entgegengesetzter Antriebsrichtung hintereinanderliegend mit den entgegengesetzten Enden einer biegbaren Vorrichtung 8 gekoppelt. Diese lenkfähige biegbare Vorrichtung 8 ist mit den Antriebsaggregaten 2A und 2B über zylindrische Kupplungen 17 gekoppelt, durch welche die Aggregate 2A und 2B einheitlich verbunden sind.

Bei diesem Beispiel weist die biegbare Vorrichtung 8 ein Fluid-Verstellorgan in der Form eines elastischen Tubus 18 auf, das sich durch Anpassen des Innendrucks in jede beliebige Richtung krümmen oder um eine Kurve biegen kann. Im folgenden ist der Aufbau dieses elastischen Tubus beschrieben.

Mit Bezug auf Fig. 3 und 4 soll nun der Fahrbetrieb der Rad-Antriebsvorrichtung 5 beschrieben werden. Fig. 3 und 4 sind schematische Seitenansichten, die zwei diametral entgegengesetzte Rad-Antriebsvorrichtungen 5 der vier Vorrichtungen 5 in einem Antriebsaggregat 2 zeigen.

Aufgrund des beschriebenen Aufbaus des Antriebsaggregats 2 mit den vier Rad-Antriebsvorrichtungen 5 haben jedes Schneckenrad 11 und die zwei mit diesem kämmenden Antriebsritzel 15 zueinander die Beziehung von Sonnenrad und Planetenrädern. Wenn die Schnecke 10 vom Motor 4 zur Drehung angetrieben wird, dreht



sie jedes der vier Schneckenräder 11. Folglich dreht jedes mit dem entsprechenden Schneckenrad 11 kämmende Antriebsritzel 15 um seine eigene Drehachse in Pfeilrichtung A. Im Einklang mit dieser Drehung jedes Antriebsritzels 15 dreht es auch in Pfeilrichtung B entlang dem äußeren Umfang seines Schneckenrades 11.

Wie bereits beschrieben, ist jedes Antriebsritzel 15 koaxial an zwei Rädern 6 befestigt. Das hat zur Folge, daß eine leichte Drehung des Antriebsritzels 15 in Richtung B die Außenseite eines Rades 6 in Kontakt mit der Innenwandfläche 7A des Rohres 7 bringt und gegen diese drückt, wie in Fig. 4 gezeigt ist. Dadurch kommt die Drehung des Zahnritzels 15 zum Stillstand. Daraus ergibt sich, daß nur ein von der Drehung des Antriebsritzels 5 um seine eigene Achse erzeugtes Drehmoment auf die Räder 6 übertragen wird, wodurch das Antriebsaggregat 2 zum Fahren in Pfeilrichtung C gebracht wird.

Im Folgenden wird die Wirkung der resultierenden Gegenkräfte der Innenwandfläche 7A des Rohres 7 auf die Räder 6 dabei betrachtet. Wie beschrieben, werden die Räder 6 gegen die Innenwandfläche 7A gedrückt. In diesem besonderen Zustand bei dem der Druck in die der Bewegungsrichtung des Antriebsaggregats 2 entgegengesetzten Richtung zunimmt, wirken auf die Räder 6 die Kräfte in Pfeilrichtung D von Fig. 4. Dadurch werden die diesen Rädern 6 zugeordneten Winkelhebel 14 zur Drehung in Pfeilrichtung B gezwungen. Dadurch erhöht sich die Druckkraft der Räder 6 gegen die Innenwandfläche 7A weiter. Dadurch kann ausreichend Widerstandskraft in der Form von Gegenkraft aufgebaut werden. Das Antriebsaggregat 2 kann so beispielsweise vertikale Rohre hinaufsteigen, ohne daß seine Räder 6 abgleiten.

Wenn im Gegensatz dazu der auf die Antriebseinheit 2 ausgeübte Druck klein ist, besteht nur leichter Radkontakt und wird auch die Druckkraft klein. Dadurch wird auch die Widerstandskraft der Innenwandfläche 7A klein. Die Räder 6 werden also mit großer Sicherheit nicht mit einer übermäßigen Kraft gegen die Rohrinnenwandfläche 7A gedrückt, wodurch das Antriebsaggregat 2 die Fahrsonde 1 antreiben kann, während seine Räder 6 mit hohem Energiewirkungsgrad drehen.

Dabei drehen die Räder 6 jeweils um ihre Wellen 12, bis sie mit der Rohrinnenwandfläche 7A in Kontakt kommen. Deshalb kann sich das Antriebsaggregat 2 leicht an Veränderungen des Rohrdurchmessers anpassen. Entsprechend wird die Druckkraft der Räder 6 passend für jeden Rohrdurchmesser angepaßt.

Im folgenden ist der in der biegbaren Vorrichtung 8 eingesetzte elastische Tubus 18 mit Bezug auf Fig. 5a und 5b beschrieben.

Wie in Fig. 5a gezeigt, weist der elastische Tubus 18 folgende Merkmale auf: einen eine äußere Rohrwand bildenden, elastischen Rumpf 19; einen Stirnstecker 20 und einen Basisstecker 21, die an den Enden des elastischen Rumpfes 19 befestigt sind; und drei Verbindungsröhrchen 22a, 22b und 22c. Der elastische Rumpf 19 ist ein einteilig ausgebildeter Tubus mit drei elastischen Einheitsrohren 23a, 23b und 23c identischer Form mit sektorförmigem Querschnitt, die in ihrer axialen Richtung parallel zueinander fest verbunden sind. Durch diesen Aufbau werden drei sich in Längsrichtung des elastischen Tubus 18 erstreckende elastische Trennwände 24, 25 und 26 im Inneren des Tubus 18 durch die verbundenen elastischen Rohre gebildet. Dadurch bilden die drei Trennwände drei Druckkammern 27, 28 und 29 im Inneren des elastischen Tubus 18.

Ferner ist um die äußere Oberfläche der elastischen

Einheitsrohre 23a, 23b und 23c eine Verstärkungsfasern 30 schraubenförmig eng gewickelt. Die äußere Oberfläche dieser Faserschicht 30 wird von einem Siliziumgummifilm 31, einem elastischen Werkstoff, bedeckt. Aufgrund dieses Aufbaus weist der elastische Tubus 18 anisotrope Elastizitätseigenschaften aufgrund der kombinierten Wirkung der Verstärkungsfasern 30 und des Siliziumgummifilms 31 auf. Die Richtung des niedrigen Elastizitätsmoduls fällt im wesentlichen mit der axialen Richtung L des elastischen Tubus 18 zusammen. Dadurch ist dieser Tubus 18 leicht in seiner axialen Richtung streckbar, jedoch nicht in der zur axialen Richtung L senkrechten radialen Richtung R, weil der Elastizitätsmodul in Richtung R wegen der begrenzten Verformung der Verstärkungsfasern 30 zunimmt.

Weiterhin ist der Stirnstecker 20 aus einem Werkstoff, wie Metall, hergestellt und mit sektorförmigen Abschnitten ausgebildet, um jeweils in die offenen Stirnenden der Druckkammern 27, 28 und 29 zu passen und diese dadurch abzudichten. Im Basisstecker 21 sind Befestigungslöcher 21a, 21b und 21c parallel zur Längsrichtung an mit den Druckkammern 27, 28 und 29 zusammenfallenden Stellen ausgebildet. Die Stirnenden der Verbindungsröhrchen 22a, 22b und 22c sind in diese Befestigungslöcher 21a, 21b und 21c eingepaßt und mit dem Stirnstecker 21, beispielsweise durch ein Klebemittel, dicht verbunden. Dadurch steht das Innere dieser Verbindungsröhrchen mit deren entsprechenden Druckkammern in Verbindung, ist aber nach außen abgedichtet.

Die anderen Enden dieser Verbindungsröhrchen 22a, 22b und 22c sind mit einer Steuereinrichtung mit einer Druckquelle (beide nicht gezeigt) verbunden. Die Steuereinrichtung wird so betrieben, daß sie den Druck eines durch jedes Verbindungsröhrchen 22 zu dessen entsprechender Druckkammer geleitetes Druckfluids regelbar einstellt.

Der elastische Tubus 18 mit dem beschriebenen Aufbau wird in folgender, mit Bezug auf Fig. 5b beschriebener Weise betrieben.

Zunächst wird der Fall betrachtet, bei dem der Druck des Stellfluids von der Druckquelle über die Steuereinrichtung und durch das Verbindungsröhrchen 22a zur Druckkammer 27 geleitet wird. Dadurch erhöht sich der Druck in der Druckkammer 27 und die Wände der Kammer 27 dehnen sich in axialer Richtung. Folglich biegt sich der elastische Tubus 18 aufwärts in die in Fig. 5 gezeigte Richtung A und nimmt den gestrichelt dargestellten Zustand an.

Wenn, bei diesem Zustand des elastischen Tubus 18, der Druck in der Druckkammer 29 durch Druckzuführung durch das Verbindungsröhrchen 22c erhöht wird, biegt sich das elastische Tubus 18 in Richtung B oder in die Bildebene von Fig. 5b hinein. Durch Verändern der Druckkombination der den drei Druckkammern 27, 28 und 29 zugeführten Drücke kann so der elastische Tubus 18 in jede gewünschte Richtung gebogen werden. Ferner kann durch gleichmäßiges Erhöhen der Drücke in den drei Druckkammern der elastische Tubus linear in die axiale Richtung L verlängert werden.

Durch Einsatz der Eigenschaften eines anisotropen elastischen Werkstoffs und gleichzeitiges Steuern der Drücke in den drei Druckkammern kann der elastische Tubus 18 gesteuert betrieben werden, um gleichzeitig die Verformungen Biegen und Strecken/Zusammenziehen anzunehmen.

Bei der Herstellung des elastischen Tubus 18 werden die elastischen Einheitsrohre 23a, 23b und 23c, um wel-

che die Verstärkungsfaser gewickelt wurde, fest verbunden und dann mit einem Silikongummifilm 31 bedeckt. Alternativ, können die elastischen Einheitsrohre auch ohne die Umwicklung der Verstärkungsfaser verbunden und dann als Ganzes mit der Verstärkungsfaser umwickelt und darauf mit dem Siliziumgummifilm bedeckt werden.

Ferner ist die Anzahl der Druckkammern des elastischen Tubus 18 nicht, wie beim obigen Beispiel, auf drei beschränkt, sondern kann auch zwei oder vier betragen.

Nachfolgend ist der Fall betrachtet, bei dem die in Fig. 2 gezeigte Fahrsonde durch ein Rohrknie fährt. Die Sonde 1 kann dann leicht durch das Knie hindurchkommen, wenn der elastische Tubus 18 so gestaltet ist, daß er sich der Krümmung des Knies anpaßt. Der elastische Tubus 18 selbst kann sich beim Fahren der Fahrsonde 1 elastisch biegen. Wenn er durch eine Kniestelle mit leichter Krümmung, d. h. mit einem Krümmungsradius der Rohrachse, der das dreifache oder mehr des inneren Rohrdurchmessers beträgt, biegt sich der elastische Tubus 18 leicht, auch wenn kein Druck auf die Druckkammern gegeben wird, um den Tubus zu biegen.

Für den Fall, daß die Fahrsonde 1 sich durch eine T-Abzweigung eines Rohres krümmen und hindurchfahren muß, kann eine miniaturisierte TV-Kamera am Stirnende der Sonde befestigt sein. Dann kann die Fahrsonde mittels einer handbedienten Fernsteuerung gelenkt werden, wobei das von der TV-Kamera übertragene Bild auf einem Bildschirm dargestellt und vom Bediener überwacht wird. Wenn ein Abbiegevorgang an einer Rohrabzweigung beendet ist, wird der elastische Tubus 18 so gesteuert, daß er seine spezifische Krümmung beibehält, bis die äußeren Räder der Vorderräder 6 der Fahrsonde 1 die Ecke der Rohrabzweigung passiert haben. Darauf wird die Krümmung des elastischen Tubus 18 allmählich vermindert.

Mit Bezug auf Fig. 6 und 7 ist im folgenden eine andere Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Fahrsonde beschrieben.

Bei dieser Ausführung sind Anordnungen, von denen jede eine Antriebseinheit 2 und eine damit einheitlich verbundene, biegbare Vorrichtung 8 aufweist, in vertikal entgegengesetzte Richtungenweisend zusammengekoppelt. Die so aufgebaute Fahrsonde kann in zwei Richtungen fahren. Von den so angeordneten Komponenten weist die Antriebseinheit 2 denselben Aufbau auf wie die des vorhergehenden Beispiels. Deshalb ist nunmehr die biegbare Vorrichtung 8 beschrieben. Die beiden biegbaren Vorrichtungen 8A und 8B weisen denselben Aufbau und dieselbe Gestalt auf und sind in vertikal entgegengesetzte Richtungenweisend gekoppelt. Im folgenden ist der Aufbau der biegbaren Vorrichtung 8A beschrieben.

Bei der in Fig. 6 und 7 gezeigten Vorrichtung 8A weist ein Lagerbügel 33 eine flache Grundplatte und zwei voneinander entfernte, senkrecht von der Basis abstehende Flansche auf und ist mit seiner Grundplatte an den vorderen (in der Darstellung von Fig. 6 und 7 linken) Stirnseiten der parallel angeordneten Motoren 32a und 32b befestigt. Die zwei Flansche des Bügels 33 tragen koaxial angeordnete Lager. Am hinteren Ende der Antriebseinheit 2A ist das Ansatzteil eines Lagerbügels oder -gabel 34 fest angebracht. Die beiden Arme dieser Gabel 34 tragen an ihren Enden ebenfalls koaxial angeordnete Lager. Die Achse der von dem Lagerbügel 33 getragenen Lager und die Achse der von der Lagergabel 34 getragenen Lager schneiden sich senkrecht. Durch die beiden Flansche des Bügels 33 und die Arme

der Gabel 34 wird ein Kardangetriebe gebildet, der zur Drehung um die genannte sich schneidenden Achsen schwenkbar gelagert ist. Dieses Kardangetriebe beinhaltet eine Zahnradfolge.

Die Motoren 32a und 32b sind parallel angeordnet und durch eine Kuppelstange 35 mit den elektrischen Motoren 32c und 32d der biegbaren Vorrichtung 8B gekoppelt. Die vier Motoren 32a, 32b, 32c und 32d sind zueinander parallel angeordnet. Dabei dienen die Motoren 32a und 32b als Antriebsmotoren zum Biegen der biegbaren Vorrichtung 8A. An den Enden der Läuferwellen dieser Motoren 32a und 32b sind Schnecken 36a und 36b angebracht. Zwei Schneckenräder 37a und 37b sind drehbar an den Lagerabschnitten des Lagerbügels 33 gelagert, so daß sie einander gegenüber liegen und mit den entsprechenden Schnecken 36a und 36b kämmen. Weiterhin sind Kegelzahnrad 38a und 38b koaxial an den Innenseiten der Schneckenräder 37a und 37b befestigt. Zusätzlich ist ein Kegelzahnrad 39 an dem Ende des oberen (wie in Fig. 7 gezeigt) Armes der Lagergabel 34 befestigt, um gleichzeitig mit beiden Kegelzahnradern 38a und 38b zu kämmen.

In Fig. 7 wurden Teile der biegbaren Vorrichtung 8A weggebrochen, um die Teile in Schnittdarstellung zu zeigen und dadurch die Kegelräder 38 und 39 offenzulegen, die sonst verdeckt wären.

Die biegbare Vorrichtung 8 stellt, wie oben beschrieben, ein Differentialgetriebe dar. Daher kann beim Umschalten der Drehrichtung der Motoren 32a und 32b, um durch bestimmte Winkel zu drehen, die Antriebseinheit 2 sowohl auf oder ab, als auch nach links oder rechts geschwenkt werden.

Das Differentialgetriebe wird auf folgende Weise betrieben, um die Schwenkbewegungen der Antriebseinheit 2 zu bewirken.

Zunächst soll die Schwenkbewegung in Pfeilrichtung B von Fig. 6 erläutert werden. Um diese Bewegung zu erzeugen, werden die Motoren 32a und 32b in entgegengesetzte Richtungen gedreht. Dadurch drehen die Schneckenräder 37a und 37b in entgegengesetzte Richtungen, und ihre Drehungen werden über die Kegelzahnrad 38a und 38b übertragen, um das Kegelrad 39 um einen bestimmten Winkel zu drehen. Daraus ergibt sich eine Kopfschwenkbewegung der Antriebseinheit 2 relativ zu den Motoren 32a und 32b in eine bestimmte Richtung. Durch Umkehren der oben beschriebenen Drehrichtung der Motoren 32a und 32b kann die Antriebseinheit 2 in die entgegengesetzte Richtung geschwenkt werden.

Die Antriebseinheit 2 wird in die in Fig. 7 mit A bezeichnete Richtung geschwenkt, indem die Motoren 32a und 32b in dieselbe Richtung drehen. Während dieses Vorgangs drehen die beiden Kegelräder 38a und 38b, die innerhalb des Differentialgetriebes gegeneinander wirken, in dieselbe Richtung, und das mit diesen kämmende Kegelrad 39 wird am Drehen gehindert. Folglich wird die auf das Differentialgetriebe übertragene Drehung in eine Drehung der Schneckenräder 37a und 37b umgesetzt. Daraus entsteht die Kopfschwenkbewegung der Antriebseinheit 2A in Pfeilrichtung A.

Durch Umschalten der Drehrichtung der Motoren 32a und 32b kann die Antriebseinheit 2 also so betrieben werden, daß sie sowohl aufwärts und abwärts, als auch nach links und nach rechts schwenkt.

Durch Betätigen der biegbaren Vorrichtungen 8A und 8B in Kombination kann die gesamte Fahrsonde so betrieben werden, daß sie einen gewünschten gebogenen oder gekrümmten Zustand annimmt.

Nachfolgend ist mit Bezug auf Fig. 8 bis 11 ein Beispiel einer biegbaren Vorrichtung, bei der eine Kupplungsringanordnung an Stelle der biegbaren Vorrichtung mit dem oben beschriebenen Differentialgetriebe eingesetzt ist, um der Fahrsonde die Flexibilität zu geben.

Wie in Fig. 8 und 10 gezeigt, sind bei dieser Fahrsonde zwei Antriebseinheiten 2A und 2B durch eine biegbare Vorrichtung mit einer Kupplungsringanordnung 40 miteinander verbunden. Diese Kupplungsringanordnung 40 umfaßt mehrere Einheitsringe 42 mit darin alternierend ausgebildeten Schwenklöchern 41a und 41b, deren Achsen zueinander senkrecht stehen. Diese Einheitsringe 42 sind nacheinander durch Verbindungsstifte 43 verbunden, welche durch die Schwenklöcher 41a und 41b gehen, um die Kupplungsringanordnung 40 zu bilden.

An der Innenwandfläche jedes Einheitsrings 42 sind vier Drahtseilführungen 42a, 42b, 42c und 42d in regelmäßigen Abständen um den Ring angeordnet vorgesehen. Jede dieser Drahtseilführungen weist ein Führungsloch auf, um jeweils eines von vier Stellkabeln W1, W2, W3 und W4 zu führen, welches sich in Längsrichtung durch das Innere der Kupplungsringanordnung 40 erstreckt. Durch Bewegen dieser Drahtseile jeweils in Längsrichtung kann die biegbare Kupplungsringanordnung 40 in jede gewünschte Richtung gebogen werden, wie im folgenden beschrieben.

Die vier Drahtseile W1 bis W4 sind auf folgende Weise angeschlossen und werden wie folgt betätigt.

Wie in Fig. 8 und 10 dargestellt, sind die Stellkabel W1 und W2 oben und unten an der Kupplungsringanordnung 40 angeordnet. An ihren vorderen (linken) Abschnitten sind diese Kabel W1 und W2 um obere und untere Enden eines am hinteren Ende der Antriebseinheit 2A befestigten Rahmens und dann um obere und untere Spannrollen 45 geführt, um auf eine Spulenrolle 46 gewickelt und an dieser befestigt zu werden. Die hinteren Enden der Kabel W1 und W2 sind am hinteren Ende der Kupplungsringanordnung 40, und zwar an deren Verbindung zum vorderen Ende der Antriebseinheit 2B, verankert.

Die Stellkabel W3 und W4 sind ihrerseits an den gegenüberliegenden Seiten der Kupplungsringanordnung 40 angebracht. Mit ihren hinteren Abschnitten sind diese Kabel W3 und W4 um obere und untere Enden eines an dem vorderen Ende der Antriebseinheit 2B befestigten Führungsrahmen 47 und dann um obere und untere Spannrollen 48 geführt, um auf eine Spulenrolle 49 gewickelt und an dieser befestigt zu werden. Die vorderen Enden der Kabel W3 und W4 sind am vorderen Ende der Kupplungsringanordnung 40, und zwar an deren Verbindung zum hinteren Ende der Antriebseinheit 2A, verankert.

Die Spulenrollen 46 und 49 können jeweils durch elektrische Motoren 50 und 51 angetrieben werden, um um einen bestimmten gewünschten Winkel zu drehen.

Die beschriebene Kupplungsringanordnung 40 wird auf folgende Weise gebogen, um die Antriebseinheit 2A in Pfeilrichtung A zu schwenken. Zunächst wird der Motor 50 betätigt, um die Spulenrolle 46 um einen bestimmten Winkel in Pfeilrichtung C zu drehen, wie in Fig. 9 gezeigt. Wegen der entgegengesetzten Stellungen der beiden Stellkabel W1 und W2 wird das Kabel W1 aufgewickelt, während das Kabel W2 abgewickelt und ausgegeben wird. Dabei schwenken die Einheitsringe 42 der Kupplungsringanordnung 40 leicht an den Verbindungsstiften 43. Der Freiraum auf der Oberseite

wird klein. Gleichzeitig wird der Freiraum auf der Unterseite groß. Daraus ergibt sich insgesamt, daß die Ringanordnung 40 zu einer Krümmung mit einer Konvexität auf der Unterseite gebogen wird.

Wenn dagegen die Spulenrolle 46 in die entgegengesetzte Richtung D gedreht wird, wird das Kabel W2 aufgewickelt, während das Kabel W1 abgewickelt wird. Folglich erfahren die Einheitsringe 42 und die Ringanordnung 40 einen Biegevorgang, der dem Beschriebenen entgegengesetzt ist. Daraus ergibt sich insgesamt, daß die Ringanordnung 40 zu einer Krümmung mit einer Konvexität an der Oberseite gebogen wird.

Auf ähnliche Weise kann die Antriebseinheit 2B durch entsprechendes Steuern des Motors 51, so daß er in die eine oder die entgegengesetzte Richtung dreht, in beide Pfeilrichtungen B geschwenkt werden. Daraus ergibt sich insgesamt, ähnlich wie oben beschrieben, daß die Kupplungsringanordnung 40 zu einer Krümmung gebogen werden kann, mit einer Konvexität auf der einen oder der anderen Seite der Anordnung.

Bei dem gegebenen Beispiel sind Kabelspulmotoren 50 und 51 eingesetzt. Zusätzlich sind elektrische Motoren 52 zum Antreiben der Räder 6 eingesetzt. Zum Befestigen dieser Motoren 52 jeweils zwischen angrenzenden Rädern 6 sind die Räder in Winkeln von 120 Grad zueinander in axialer Richtung der Fahrsonde 1 gesehen, angeordnet. Deshalb ist jeder Antriebsmotor 52 nicht direkt mit einer Schnecke gekoppelt, sondern überträgt seine Antriebskraft auf die Schnecke über eine Übertragungseinrichtung mit einer Antriebsscheibe 53, einem Endlosriemen 54 und einer Abtriebsscheibe 55. Die oben beschriebene Anordnung der Teile ist insofern vorteilhaft, daß die Gesamtlänge jeder Antriebseinheit 2 kleingehalten werden kann und Raum zum Anbringen von Ausrüstung, wie einer Miniatur-Fernsehkamera, bleibt.

Die vorhergehende Beschreibung hat Ausgestaltungsbeispiele der erfindungsgemäßen Fahrsonde angegeben, die durch ein horizontales Rohr fährt, als ein Beispiel, und die Richtungen aufwärts, abwärts, links und rechts wurden willkürlich auf dieser Grundlage festgelegt. Diese Richtungen wurden jedoch nur der Einfachheit halber zur Angabe relativer Positionen und Anordnungen verschiedener Bestandteile gewählt und sollen den mechanischen Aufbau der Fahrsonde nicht beschränken.

Wie beschrieben, sind bei der erfindungsgemäßen Fahrsonde eine Vielzahl von Sonnenrädern, mindestens zwei Planetenräder, die, während sie sich selbst drehen, um jedes Sonnenrad drehen, und Räder im Antriebsaggregat vorgesehen und so aufgebaut, daß der Druck, mit dem die Räder gegen die Innenwandfläche des Rohres 7 drücken, automatisch an die Last angepaßt wird. Dadurch kann zu jeder Zeit angemessener Raddruck erzielt werden, und ist stoßfreies und stabiles Fahren sichergestellt.

Ferner ist bei der erfindungsgemäßen Fahrsonde eine biegbare Vorrichtung vorgesehen, die das freie Biegen des Hauptkörpers der Sonde ermöglicht. Mindestens an dem vorderen und dem hinteren Ende dieses Körpers sind Antriebsaggregate, wie oben beschrieben, gekoppelt. Durch Biegen der biegbaren Vorrichtung kann die Sonde gleichzeitig angetrieben und gelenkt werden. Dadurch wurde eine einfache und leistungsfähige Antriebs-einrichtung geschaffen, wobei die Fahrsonde so angetrieben werden kann, daß sie leicht durch Biegungen und Abzweigungen der Rohrleitung 7 hindurchgeht.



1. Antriebsaggregat (2) zum Durchfahren eines rohrförmigen Durchgangs (7) mit Innenwandfläche, gekennzeichnet durch:  
 einen Antrieb (4),  
 mehrere durch den Antrieb (4) zur Drehung angetriebene Sonnenräder (11),  
 jeweils mindestens zwei mit jedem Sonnenrad (11) kämmende Planetenräder (15), die an bestimmten, voneinander entfernten Stellen gelagert sind, so daß sie sich axial um die eigene Achse und gleichzeitig orbital um den Umfang der Sonnenräder (11) drehen, und  
 mehrere Antriebsräder (6) mit Laufflächen, die gemeinsam mit den entsprechenden Planetenrädern drehen, wobei die Laufflächen durch die orbitale Drehung der Planetenräder gegen die Innenwandfläche (7A) gedrückt werden, und  
 die Antriebskraft aufgrund der axialen Drehung der Planetenräder (11) über die Laufflächen der Räder (6) als Vortrieb auf die Innenwandfläche (7A) übertragen wird.

2. Antriebsaggregat nach Anspruch 1, bei dem die mit jedem der Sonnenräder (11) kämmenden Planetenräder (15) an entsprechenden Wellen (16) befestigt sind, die jeweils auf den äußeren Enden der Arme von L-förmigen Winkelhebeln (14) gelagert sind, die ihrerseits an ihren mittleren Krümmungen schwenkbar gelagert sind, um um eine mit der Drehachse des entsprechenden Sonnenrades (11) zusammenfallende Achse zu schwenken, und bei dem auch eine Mehrzahl von Antriebsrädern (6) an jeder Welle (16) befestigt ist, wobei einige der Räder (6) durch eine durch die orbitale Drehung entstehende Kraft mit der Innenwandfläche (7A) in Haftkontakt gebracht werden, wodurch die Drehung zum Stillstand kommt und demzufolge im wesentlichen die gesamte, von den Sonnenrädern (11) ausgeübte Kraft über die axiale Drehung der Planetenräder auf die so angedrückten Räder (6) übertragen wird.

3. Fahrsonde mit einer lenkbaren Verbindungseinrichtung, die einen Hauptkörper der Sonde (1) darstellt und ein vorderes und ein hinteres Ende aufweist, wobei mehrere Antriebsaggregate (2) mit mindestens dem vorderen und dem hinteren Ende gekoppelt sind, einer Vorrichtung zum gesteuerten Abbiegen der lenkbaren Verbindungseinrichtung bei Lenkbetrieb in beliebige Richtungen, wobei jede der Antriebsaggregate aufweist:  
 einen Antrieb (4), mehrere durch den Antrieb (4) zur Drehung angetriebene Sonnenräder (11), jeweils mindestens zwei mit jedem Sonnenrad (11) kämmende Planetenräder (15), die an bestimmten, voneinander entfernten Stellen gelagert sind, so daß sie sich axial um die eigene Achse und gleichzeitig orbital um den Umfang der Sonnenräder (11) drehen, und mehrere Antriebsräder (6) mit Laufflächen, die gemeinsam mit den entsprechenden Planetenrädern drehen, wobei die Laufflächen durch die orbitale Drehung der Planetenräder gegen die Innenwandfläche (7A) gedrückt werden und die Antriebskraft aufgrund der axialen Drehung der Planetenräder (11) über die Laufflächen der Räder (6) als Vortrieb auf die Innenwandfläche (7A) übertragen wird.

4. Fahrsonde nach Anspruch 3, bei der die lenkbare Verbindungsvorrichtung einen biegbaren Aufbau aufweist, der durch die Steuereinrichtung abgeboten werden kann.

5. Fahrsonde nach Anspruch 4, bei der der biegbare Aufbau ein elastischer Tubus (18) ist, dessen Inneres in mehrere, sich axial erstreckende Druckkammern (27, 28, 29) durch mindestens eine sich axial erstreckende Trennwand (24, 25, 26) aufgeteilt ist.

6. Fahrsonde nach Anspruch 3, bei der zwei der Antriebsaggregate (2) zum Fahren in jeweils zwei Richtungen vorgesehen und über ein Differentialgetriebe, durch mehrere Lenkmotoren, die mit dem Differentialgetriebe verbunden und zwischen diesen angeordnet sind, verbunden sind, wobei das Differentialgetriebe und die mehreren Lenkmotoren die lenkbare Verbindungsvorrichtung darstellen.

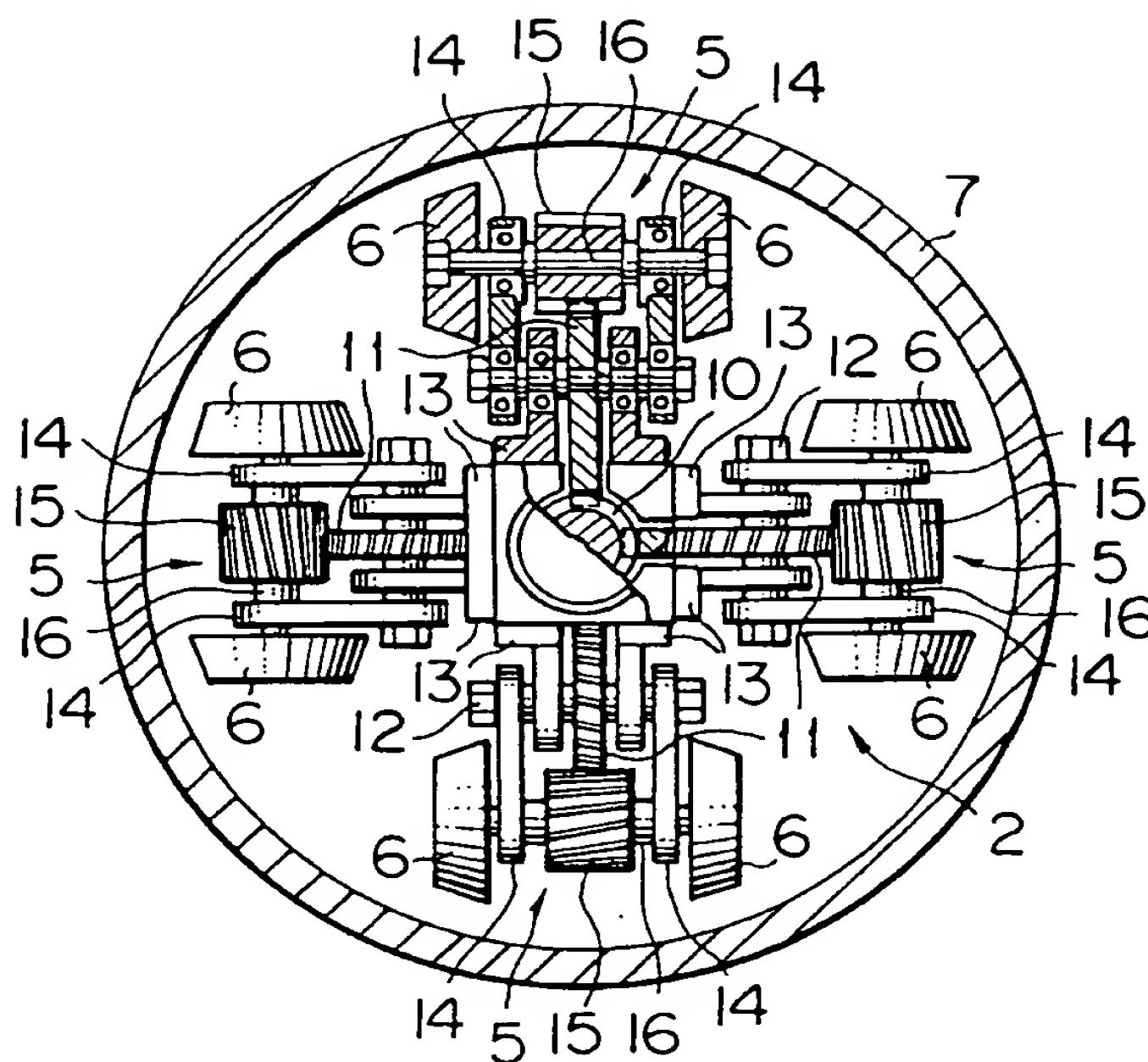
---

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

---



— Leerseite —



**FIG. 1**

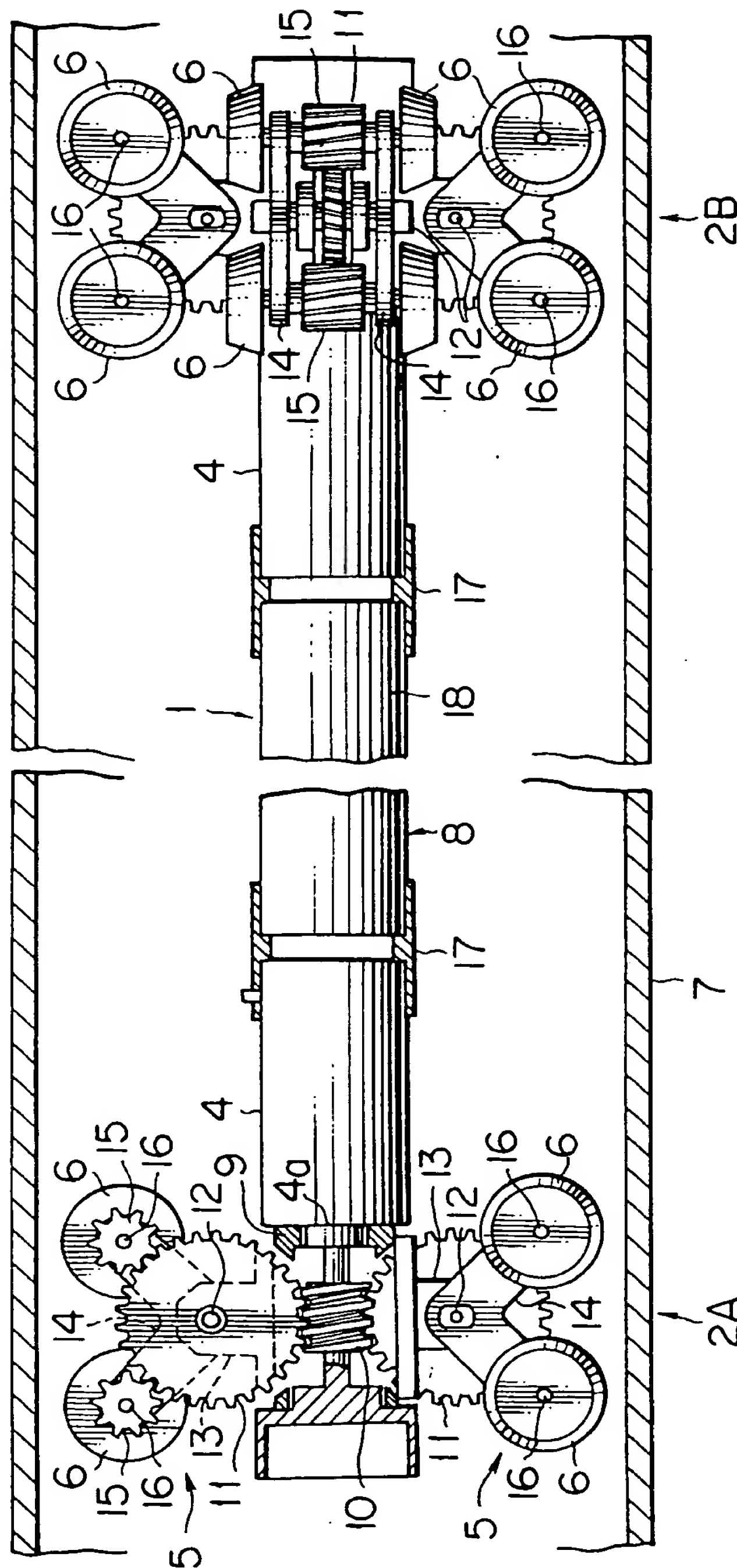


FIG. 2

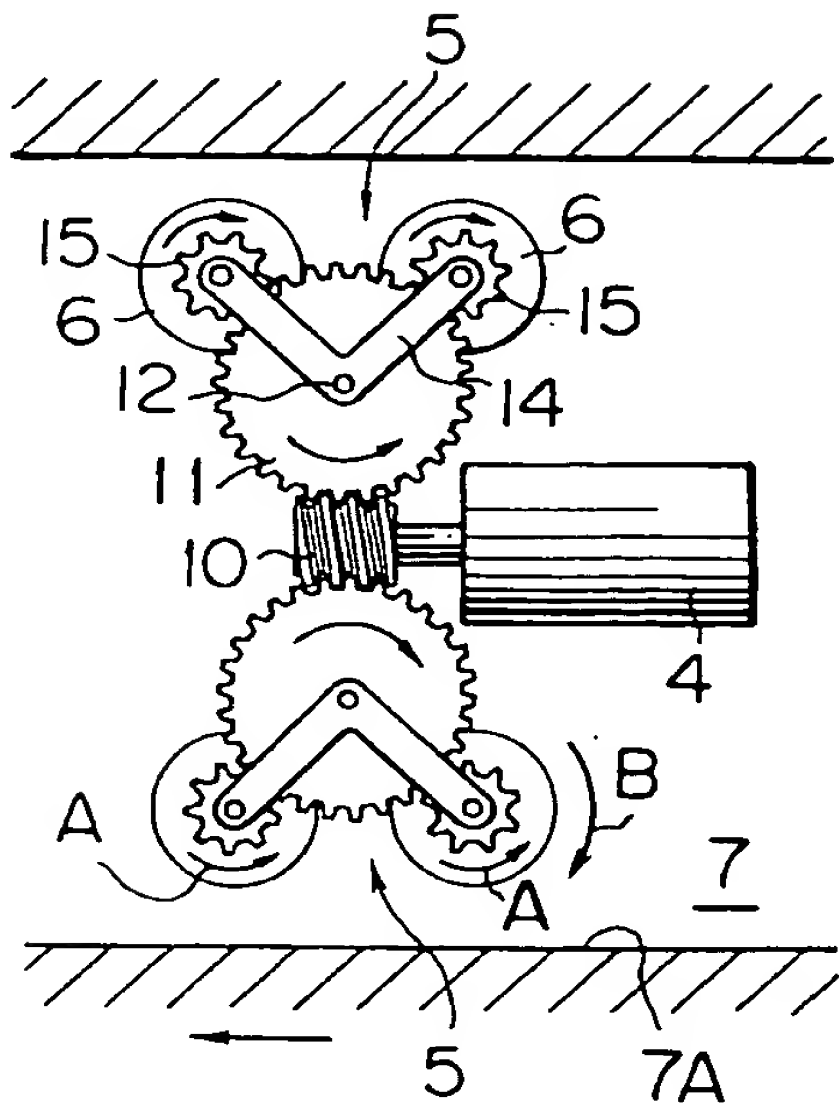


FIG. 3

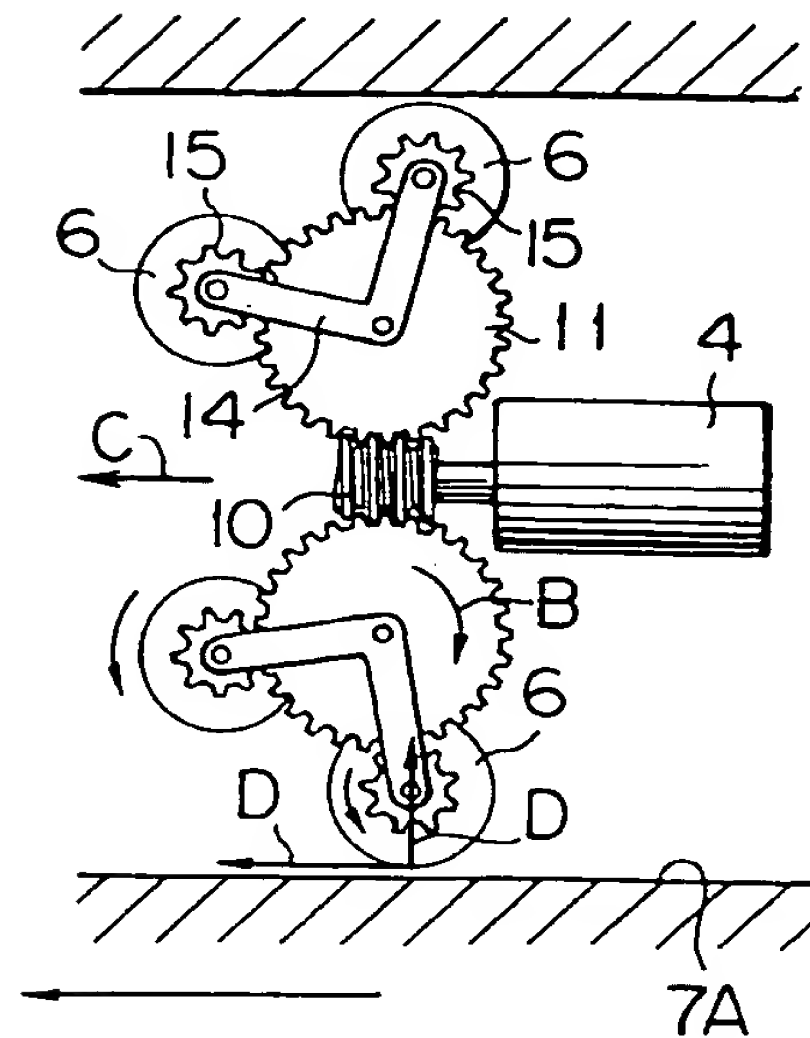


FIG. 4

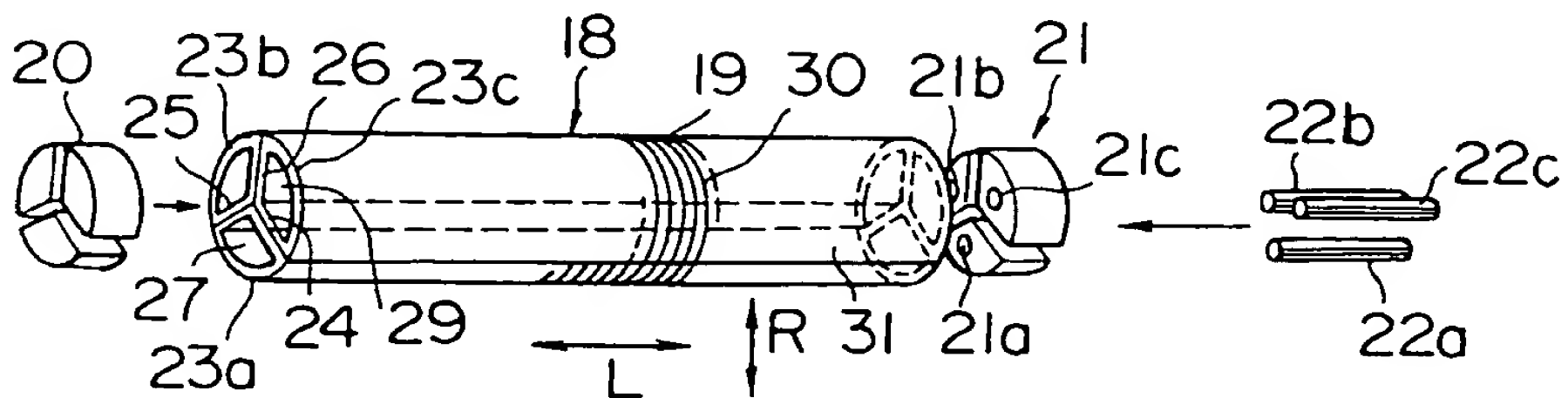


FIG. 5(a)

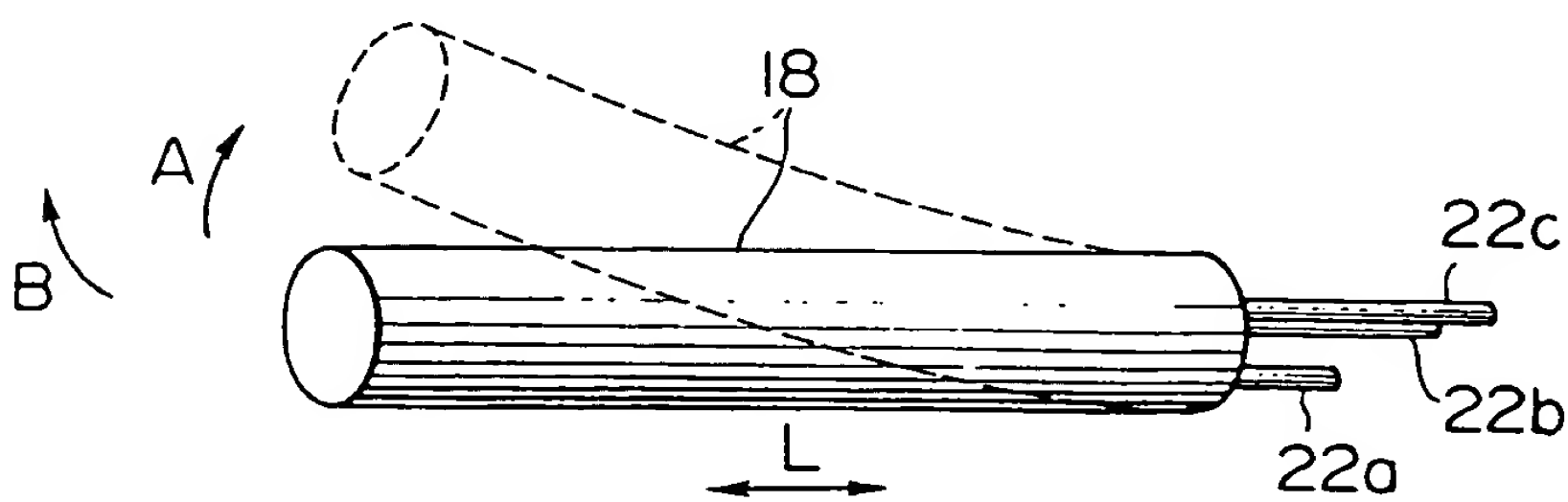
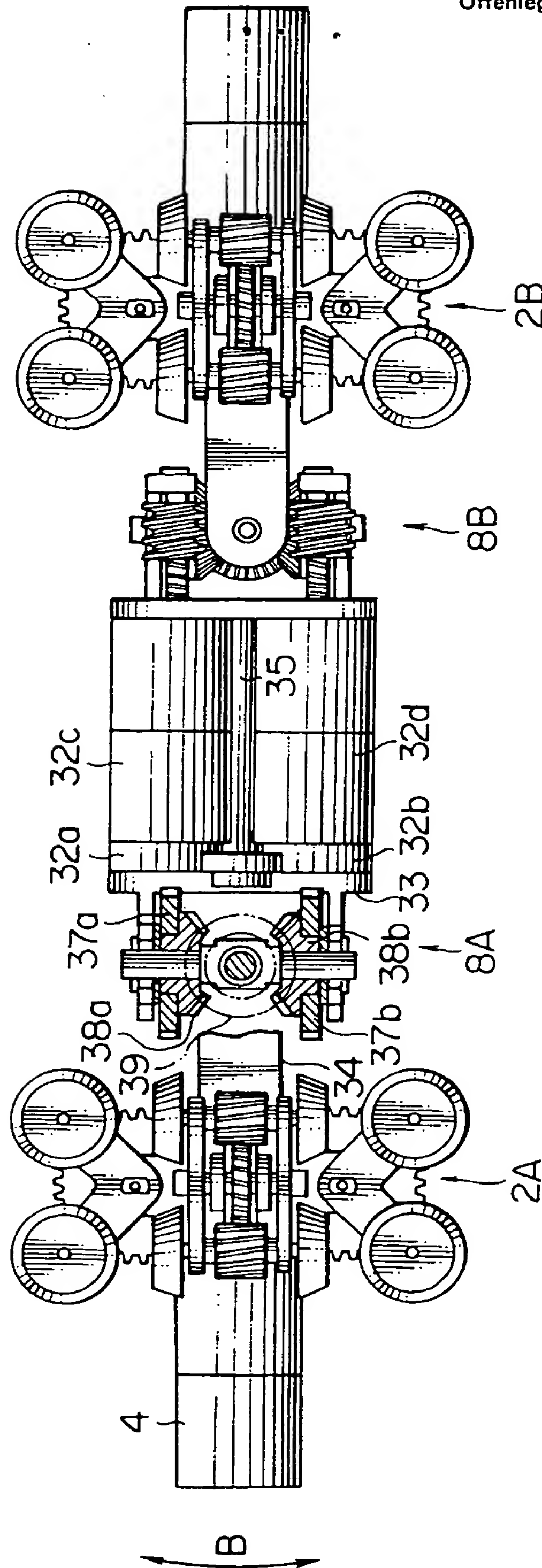


FIG. 5(b)





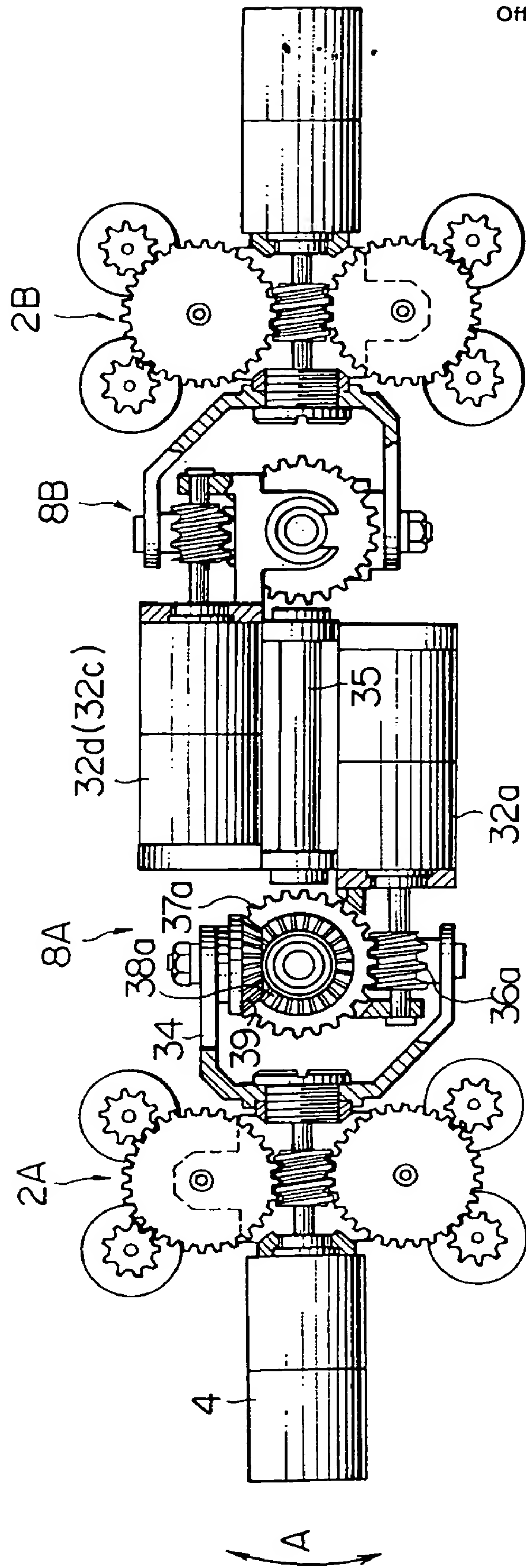


FIG. 7

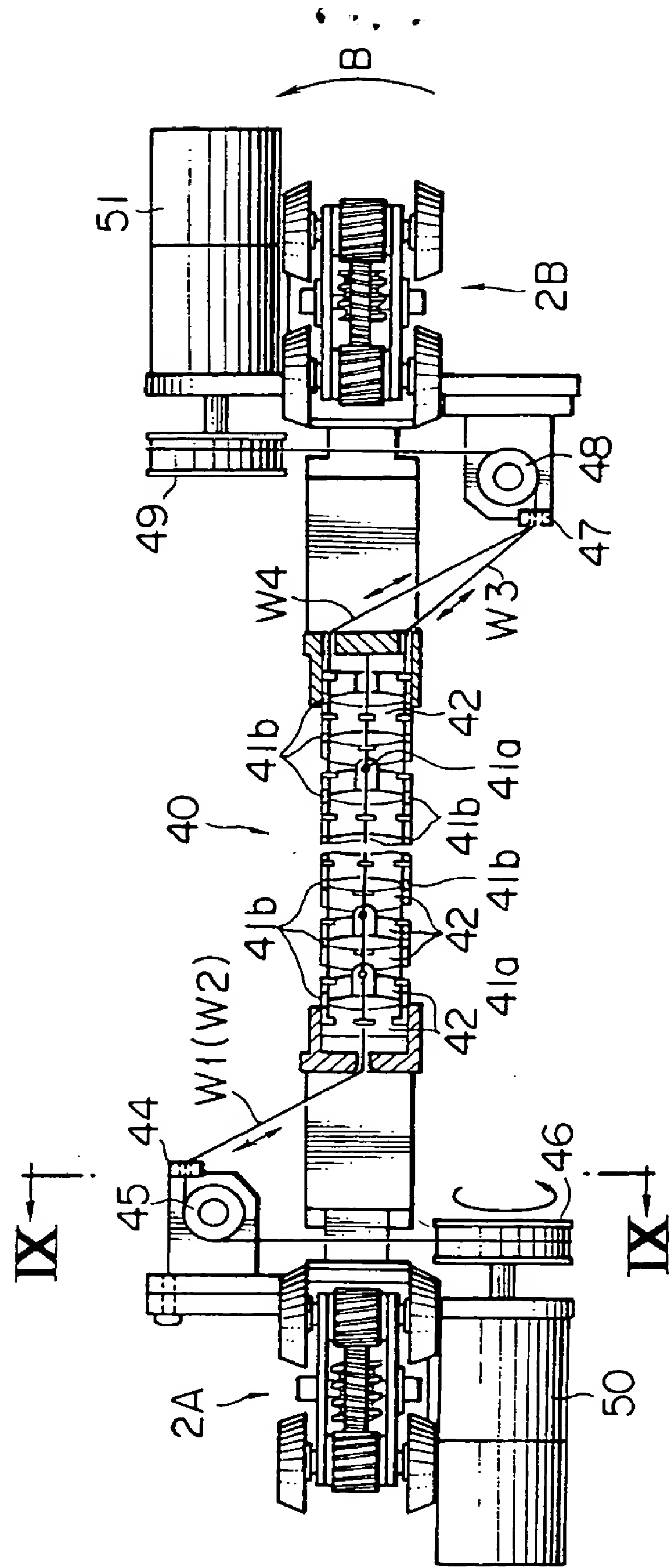


FIG. 8

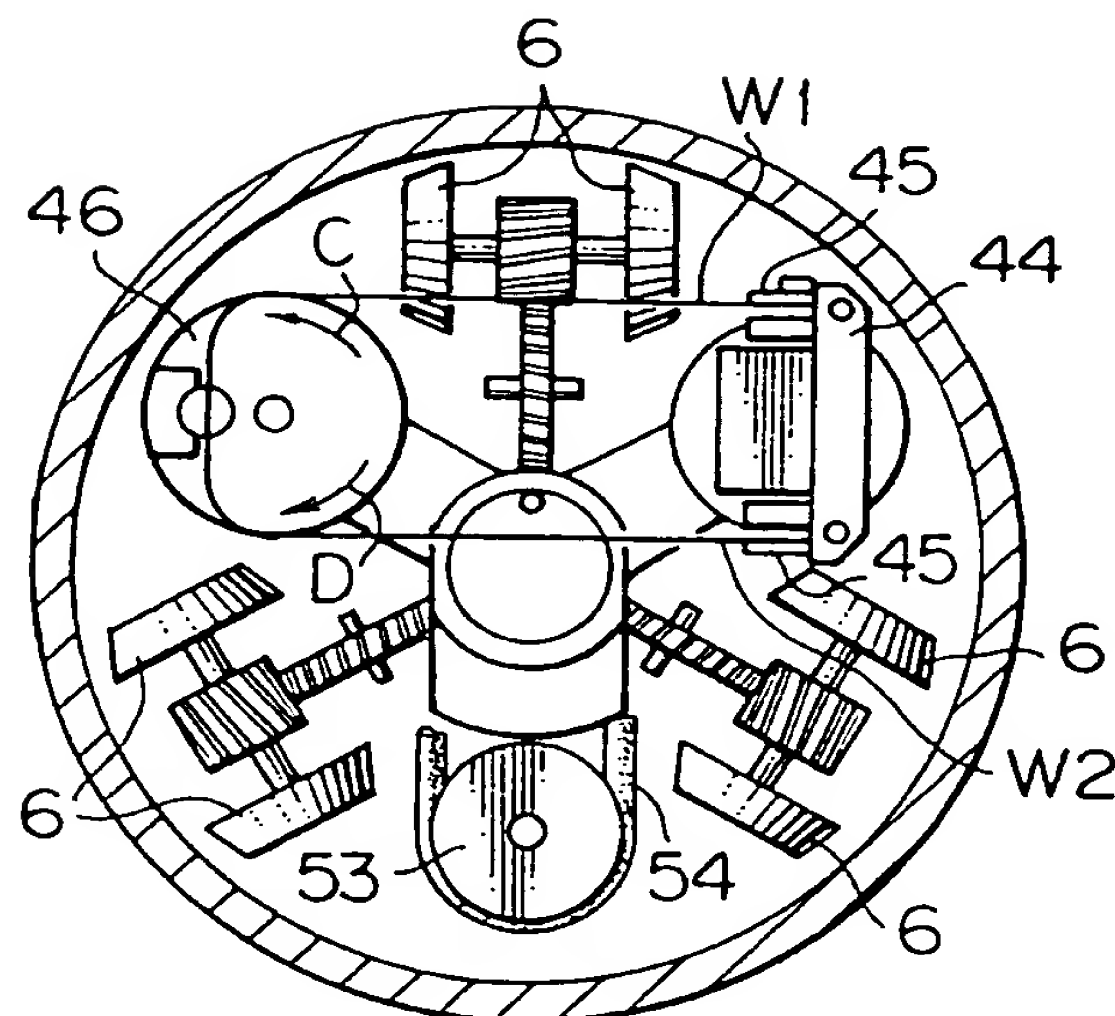


FIG. 9

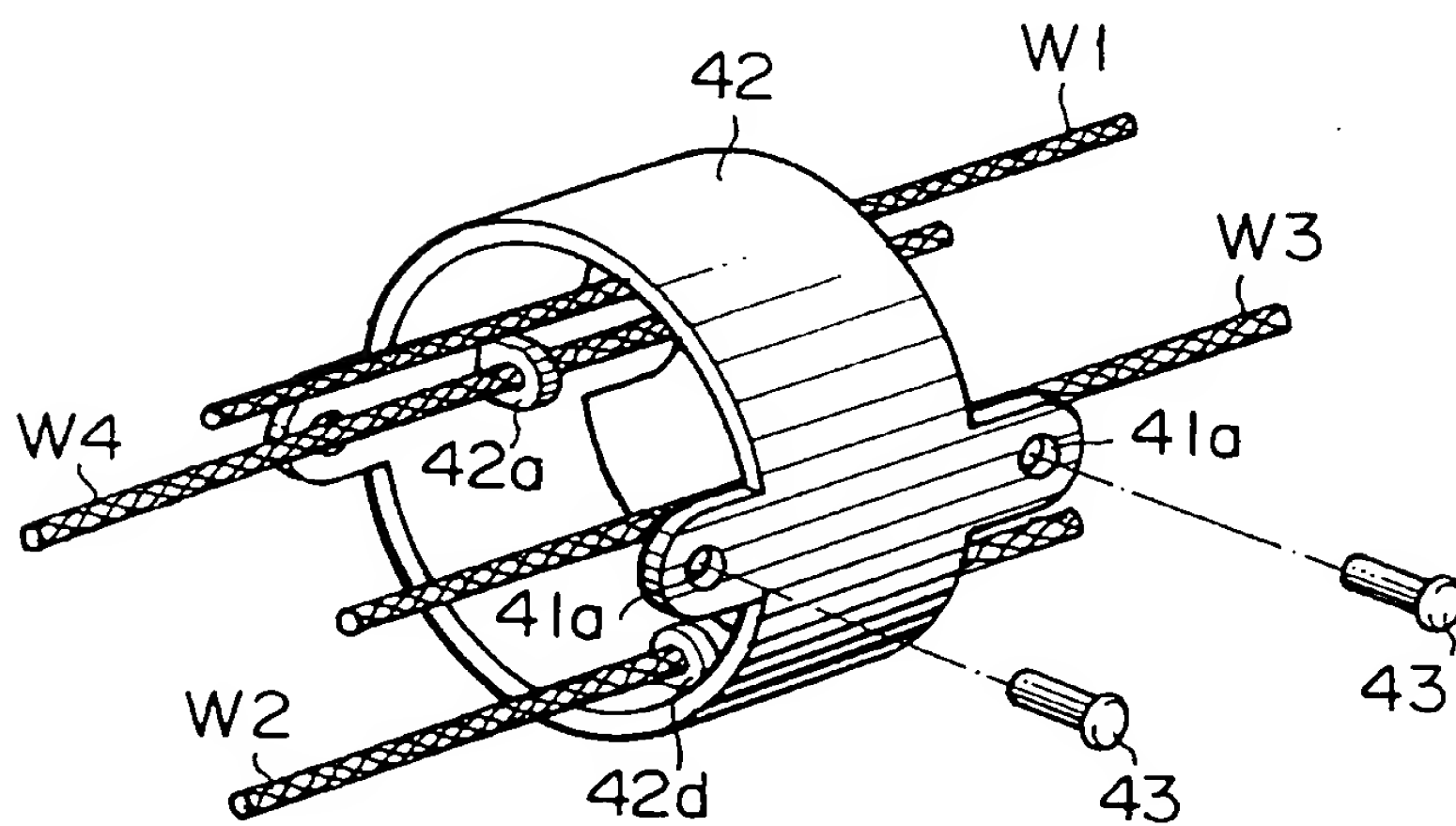


FIG. 11



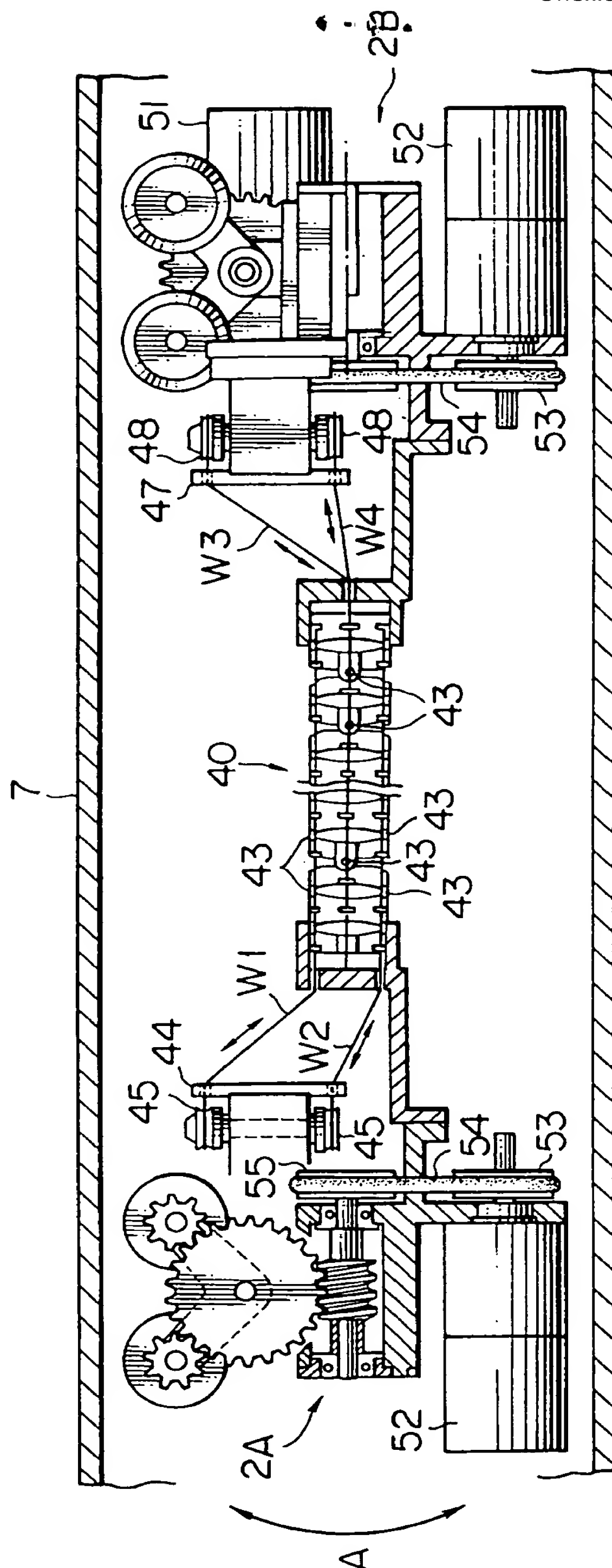


FIG. 10